

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58-153412

⑤ Int. Cl.³
H 03 H 9/17

識別記号

庁内整理番号
7190-5 J

④ 公開 昭和58年(1983)9月12日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑬ 圧電薄膜複合振動子

⑭ 特 願 昭57-36166

⑮ 出 願 昭57(1982)3月8日

⑯ 発 明 者 井上武志

東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内

⑯ 発 明 者 宮坂洋一

東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内

⑰ 出 願 人 日本電気株式会社

東京都港区芝5丁目33番1号

⑱ 代 理 人 弁理士 内原晋

明 細 書

1 発明の名称

圧電薄膜複合振動子

2 特許請求の範囲

(1) シリコン薄膜、 SiO_2 薄膜、 ZnO 圧電薄膜からなり、 SiO_2 薄膜がシリコン薄膜と ZnO 薄膜との間に位置するような多層構造の振動部位をもち、周縁部をシリコン基板によって支持された厚み振動圧電振動子において、 ZnO 薄膜の厚さを T_1 、 SiO_2 薄膜の厚さを T_2 、 Si 薄膜の厚さを T_3 とし、 ZnO 薄膜と Si 薄膜との膜厚比 T_2/T_1 を X 、 ZnO 薄膜と SiO_2 薄膜との膜厚比 T_2/T_1 を Y と置き換えたときに、基本1次モードを使用する場合には、次式①、②

$$Y = -0.264X + 0.548 \quad (X \leq 0.81) \quad \text{①}$$

$$Y = -0.053X + 0.092 \quad (X > 0.81) \quad \text{②}$$

で与えられる膜厚比とし、二次モードを使用する場合には次式③④

$$Y = 0.186X^2 - 0.327X + 1.05 \quad (X > 0) \quad \text{③}$$

$$Y = -X + 0.75 \quad (0 < X < 0.5) \quad \text{④}$$

で与えられる膜厚比としたことを特徴とする圧電薄膜複合振動子。

3 発明の詳細な説明

本発明は、VHF、UHF帯において厚み振動を用いて使用できる高安定の高周波用圧電振動子に関するものである。

一般に、高周波帯において使用される圧電振動子は薄膜の厚み振動が用いられており、代表的なものとして水晶、圧電セラミックスの圧電板を用いた振動子が知られている。この振動子は、薄膜の平行平面研磨という機械加工を行って製造されているが、研磨加工では板厚を30~50 μm とするのが限界であり、高次モードを用いたとしても使用周波数はせいぜい200MHzが限界であった。

そこで、最近、数百MHzの高周波帯において容量比の小さな圧電振動子を得る方法として、スパッタ法等により作成される圧電薄膜作成技術と異方性エッチング技術を用いた圧電薄膜複合振動子が提案されている。この振動子はシリコン基板上にシリコン、酸化物などの薄膜と圧電薄膜とを層

状に作成し、振動子として使用する部分の基板をエッチングによって除去することにより、外縁部を基板によって支持させた構造のものである。

しかし、圧電薄膜はスパッタ法、CVD法などで形成されるが、代表的な圧電薄膜材料であるZnO、CdS、AlN等は周波数温度係数が大きいために、Si基板との組み合わせだけでは温度安定度の高い圧電振動子を得ることはできない。

この対策として、圧電材料と周波数温度係数の符号が異なる材料との組み合わせにより、振動子全体としての周波数温度係数の絶対値を小さくすることが考えられる。そこで、ZnOとSiO₂の周波数温度係数の符号が異なることに着目し、第1図に示すようにシリコン基板11の表面にSiO₂薄膜13を形成し、表面のSiO₂だけが残るようにエッチングし、その上にZnO圧電薄膜14を形成した構造の圧電薄膜振動子が提案されている。第1図において、12はエッチングによりシリコン基板に形成した空孔、15、16はZnO圧電薄膜14に対向して設けた電極である。この振動子において、SiO₂の

膜厚がZnOの膜厚の約2分の1のときに基本1次モードの共振に関して零温度係数が得られることが知られている。

しかしながら、SiO₂膜は非常にもろいために製造中にクラックが入りやすく並置する場合に大きな障害となり、また、得られた振動子の共振尖鋭度Q_mも500～2000程度であり、この構造では共振尖鋭度Q_mの大きな振動子を得ることが難しかった。

本発明は上記問題点を解消するもので、共振尖鋭度Q_mが大きく、かつ温度安定性に優れた圧電薄膜複合振動子を提供しようとするものである。

以下、本発明の実施例を図面によって詳細に説明する。

第2図は、本発明の圧電振動子の構成を示すものである。すなわち、第2図において、表面が(100)面であるSi基板21上にSiO₂薄膜22を形成し、SiO₂薄膜22上に下部電極25、及びZnO圧電薄膜23、上部電極24を順に積層して形成し、振動部位に相当するSi基板21の裏面にエッチン

グにより空孔26を設けたものである。

第2図において、Si層が完全にはエッチングされていないが、このSi層の厚さT₂は、高濃度にホウ素をドーピングすることにより、ホウ素がドーピングされたSi層はパイロカテコール——エチレンジアミンまたはKOHなどのエッチング液に殆んどエッチングされないことにより、容易に制御することができる。また、ホウ素を高濃度に含んだSiは、SiO₂に比べてエッチング速度が遅く、それだけ第1図の構造のものより高い平面度が得られやすい長所がある。さらに、SiはSiO₂に比べて機械的強度が大きく、製造中にクラックが入ることは殆んどなく、生産性に優れている。以上の性質と、Siが本質的に高共振(high Q)材であることにより、共振尖鋭度Q_mの大きな振動子を得ることができる。

一方、弾性スチフネスC₁₁²の温度係数の値がZnO、Siが負、SiO₂が正であることから、ZnOの膜厚T₁、SiO₂の膜厚T₂、Siの膜厚T₃の膜厚比を適定することにより零温度係数を得ることができる。

また、振動子の容量比 γ を小さくするという意味から基本1次モード及び2次モードを積極的に利用することは有効な方法である。

次に、具体的な実施例に従って詳細に説明する。
〔実施例1〕

第2図に示した本発明の構成で、共振時に2分の1波長共振を行う基本1次モードを用いた振動子の実施例についてのべる。表面が(100)面であるSi基板21にホウ素を高濃度にドーピングし、その上にSiO₂膜をスパッタ法で作成した。次に、Si基板21の裏面にCVD法によってSi₃N₄膜を形成し、これをマスクとして、エチレンジアミン、パイロカテコール及び水からなるエッチング液で空孔26を設けて、さらに表面に形成したSiO₂薄膜上にCrを下地としてAuを蒸着し、フォトリソグラフィにより下部電極25を形成したのち、スパッタ法によりZnO膜23を形成し、リフトオフによってAlの上部電極24を形成した。このとき、ZnO膜厚T₁とSi膜厚T₃との膜厚比T₁/T₃及びZnO膜厚T₁とSiO₂膜厚との膜厚比T₁/T₂をパラメータとして

値 γ の値について実験を行い、室温付近で零温度係数となる膜厚比 T_2/T_1 、 T_3/T_1 の関係をそのときの容量比 r の値を求めた。それを第3図に示す。第3図から、零温度係数となる膜厚比は $T_2/T_1 = Y$ 、 $T_3/T_1 = X$ とすると、ほぼ次の実験式で与えられることが明らかである。即ち

$$X \leq 0.81 \text{ のとき } Y = -0.264X + 0.548 \quad \text{①}$$

$$X > 0.81 \text{ のとき } Y = 0.055X + 0.092 \quad \text{②}$$

このとき、 T_2/T_1 が増大するとともに容量比 r も増大していくが、 $T_2/T_1 < 20$ では $r < 100$ が得られる。具体的な一例としてZnOの膜厚 $T_1 = 5.2 \mu\text{m}$ 、 SiO_2 の膜厚 $T_2 = 0.8 \mu\text{m}$ 、 Si の膜厚 $T_3 = 3.9 \mu\text{m}$ の振動子の特性について述べると、このとき共振周波数 $f_r = 5528 \text{ MHz}$ 、容量比 $r = 2.4$ 、共振尖鋭度 $Q_m = 3200$ を得た。また $-20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲において共振周波数温度係数 $\Delta f_r/f_r = 100 \text{ ppm}$ 以下の値を容易に得ることができた。(実施例2)

同じく第2図に示したZnO/SiO₂/Si三层構成の圧電薄膜複合振動子において、共振時において

す。 $r < 30$ が得られていることがわかる。

③式で表わされる領域に関する具体的な一例として、ZnOの膜厚 $T_1 = 3.4 \mu\text{m}$ 、 SiO_2 の膜厚 $T_2 = 5.1 \mu\text{m}$ 、 Si の膜厚 $T_3 = 3.2 \mu\text{m}$ の振動子の特性について述べると、このとき、2次モードの共振周波数 $f_r = 7231 \text{ MHz}$ 、容量比 $r = 2293$ 、共振尖鋭度 $Q_m = 5300$ を得た。また、 $-20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲において共振周波数温度係数 $\Delta f_r/f_r = 60 \text{ ppm}$ 以下の値が比較的容易に得られた。また、④式で表わされる領域に関する具体的な一例として $T_1 = 5.7 \mu\text{m}$ 、 $T_2 = 2.8 \mu\text{m}$ 、 $T_3 = 1.4 \mu\text{m}$ の振動子の具体的な特性について述べると、このとき2次モードの共振周波数 $f_r = 5726 \text{ MHz}$ 、容量比 $r = 217$ 、共振尖鋭度 $Q_m = 2200$ を得た。また $-20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲において共振周波数温度係数 $\Delta f_r/f_r = 100 \text{ ppm}$ 以下の値が容易に得られた。

以上の本発明の振動子の試作結果、エッチングの際、クラックが入ってしまう事故は皆無であり、良好な特性を示す振動子を容易に得ることができ

1波長共振を行う2次モードを用いた振動子の実施例についてのべる。振動子の作成は実施例1と全く同じ手順で行った。このとき、膜厚比 T_2/T_1 及び T_3/T_1 をパラメータとして値 γ の値について実験を行い、室温付近で零温度係数となる膜厚比 T_2/T_1 と T_3/T_1 の関係をそのときの容量比 r の値を求めた。それを第4図に示す。第4図から、零温度係数となる膜厚比は $T_2/T_1 = Y$ 、 $T_3/T_1 = X$ とすると、ほぼ次の実験式で与えられることが明らかである。即ち、

$$Y = 0.186X^2 - 0.327X + 1.05 \quad (X > 0) \quad \text{③}$$

このときの容量比 r と膜厚比 T_2/T_1 との関係を点線で示す。 $T_2/T_1 < 15$ において $r < 60$ が得られていることがわかる。一方、2次モードでは、実用的な容量比が得られかつ室温近傍において零温度係数を有するもう一つの領域が $X < 0.5$ において存在することがわかった。即ち

$$0 < X < 0.5 \text{ において } Y = -X + 0.75 \quad \text{④}$$

で表わされる一点領域に合った領域である。このときの膜厚比 T_2/T_1 と容量比 r の関係を点線で示

た。

尚、本発明の振動子において、分断電極を用いてフィルタ構成にすることも可能であり、また周波数調整のため振動子の表面に絶縁物をスペッタすることももちろん可能であることは言うまでもない。

したがって、本発明によれば、共振尖鋭度が大きく、しかも温度安定性に優れた振動子を容易に得ることができ、工業的価値も多大である効果を有しているものである。

4図の簡単な説明

第1図は従来のZnO/SiO₂複合振動子、第2図は本発明の実施例を示すZnO/SiO₂/Si複合振動子、第3図及び第4図はそれぞれ基本モード、第2次モードに関する零温度係数となる膜厚比とそのときの容量比の関係を示す図である。

21はSi基板、22はSiO₂膜、23はZnO膜、24、25は電極、12、26は空孔を示す。

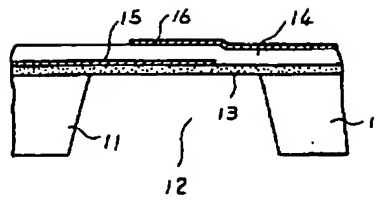
特許出願人

日本電気株式会社

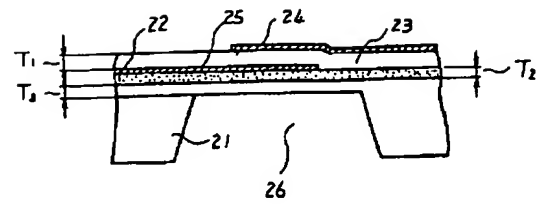
代理人 弁理士

内原 晋 (内原 晋)

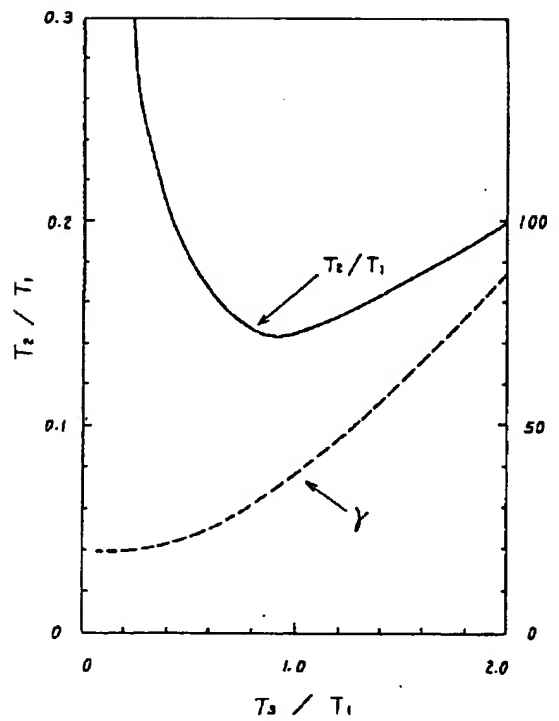
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

